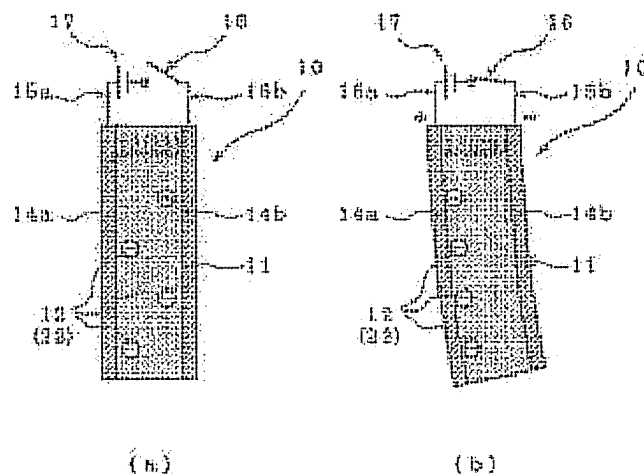


**No title available****Publication number:** JP2003339174 (A)**Publication date:** 2003-11-28**Inventor(s):****Applicant(s):****Classification:****- international:** *H02N2/00; H02N2/00; (IPC1-7): H02N2/00***- European:****Application number:** JP20020147540 20020522**Priority number(s):** JP20020147540 20020522**Abstract of JP 2003339174 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an actuator element which has large displacement and displacing stress and proper stress resistance. ;

**SOLUTION:** The actuator element 10 comprises an ion exchange resin molding 11; and metal electrodes 14a, 14b provided in an insulating state from each other on the surface of the molding 11.

Thus, a potential difference is applied between the electrodes 14a and 14b, to generate a bend or a deformation. The molding 11 is formed of an anion exchange resin, and the molding 11 is impregnated with water 13 containing  $\text{HSiO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_2^-$ , or  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  as anion 12. ; COPYRIGHT: (C) 2004,JPO



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-339174  
(P2003-339174A)

(43)公開日 平成15年11月28日(2003.11.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 2 N 2/00

識別記号

F I  
H 0 2 N 2/00

データベース(参考)  
B

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2002-147540(P2002-147540)

(22)出願日 平成14年5月22日(2002.5.22)

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社  
東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(72)発明者 土屋 忠蔵

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日  
立電線株式会社内

(74)代理人 100068021

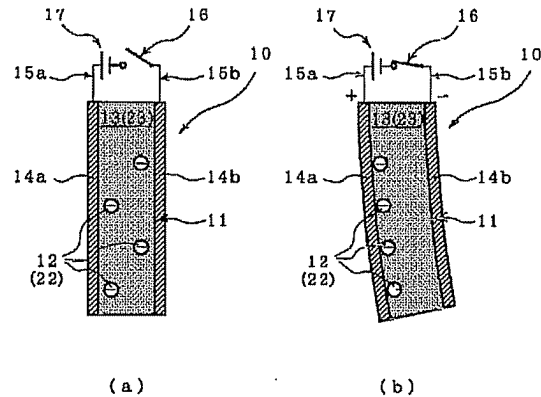
弁理士 網谷 信雄

(54)【発明の名称】 アクチュエータ素子

(57)【要約】

【課題】 変位量及び変位応力が大きく、耐応力性が良好なアクチュエータ素子を提供するものである。

【解決手段】 本発明に係るアクチュエータ素子10は、イオン交換樹脂成形品11と、そのイオン交換樹脂成形品11の表面に相互に絶縁状態で設けた金属電極14a、14bとを備え、それらの金属電極14a、14b間に電位差をかけて湾曲又は変形を生じさせるものであって、イオン交換樹脂成形品11を陰イオン交換樹脂で形成し、そのイオン交換樹脂成形品11に、 $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、又は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ を陰イオン12として含む水13を含浸させたものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 イオン交換樹脂成形品と、そのイオン交換樹脂成形品の表面に相互に絶縁状態で設けた金属電極とを備え、それらの金属電極間に電位差をかけて湾曲又は変形を生じさせるアクチュエータ素子において、上記イオン交換樹脂成形品を陰イオン交換樹脂で形成し、そのイオン交換樹脂成形品に、 $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、又は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ を陰イオンとして含む水を含浸させたことを特徴とするアクチュエータ素子。

【請求項2】 イオン交換樹脂成形品と、そのイオン交換樹脂成形品の表面に相互に絶縁状態で設けた金属電極とを備え、それらの金属電極間に電位差をかけて湾曲又は変形を生じさせるアクチュエータ素子において、上記イオン交換樹脂成形品を陰イオン交換樹脂で形成し、そのイオン交換樹脂成形品に、 $\text{ClO}_4^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを陰イオンとして含む有機溶媒を含浸させたことを特徴とするアクチュエータ素子。

【請求項3】 上記有機溶媒が、メチルホルムアミドである請求項2記載のアクチュエータ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アクチュエータ素子に係り、特に、イオン交換樹脂成形品を湾曲又は変形させることでアクチュエータとして機能させるアクチュエータ素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】アクチュエータを小型化すると、慣性力よりも摩擦力や粘性力の方が支配的となるため、モータやエンジンのような慣性力を利用したアクチュエータは非効率となる。このため、イオン交換樹脂成形品、例えばイオン交換膜と、そのイオン交換膜の両面に相互に絶縁状態で設けた電極とを備えたアクチュエータ素子の開発が進められている。

【0003】電動ポリマーアクチュエータ素子は、一般的に陽イオン交換膜を含む状態で用いており、電界印加により電極間に電位差をかけることで膜中のカチオン（陽イオン）の移動に伴って水分が移動し、この水分の移動を原動力としイオン交換膜に湾曲又は変形を生じさせるものである。このため、電動ポリマーアクチュエータ素子は、構造が比較的簡単で、小型化が容易であり、応答性が速く、効率に優れているという特長を有している。また、電動ポリマーアクチュエータ素子は、主に有機素材で構成しているため、柔軟性に富んでいるという特長も有している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、この電動ポリマーアクチュエータ素子は、変位量があまり十分ではなく、また、膜中の水分の移動を変形の原動力としているため、変位の際に発生する応力が小さいという問題が

あった。さらに、湾曲又は変形後の耐応力性が低いため、湾曲又は変形状態を維持するのが困難であるという問題があった。

【0005】以上の事情を考慮して創案された本発明の目的は、変位量及び変位応力が大きく、耐応力性が良好なアクチュエータ素子を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく本発明に係るアクチュエータ素子は、イオン交換樹脂成形品と、そのイオン交換樹脂成形品の表面に相互に絶縁状態で設けた金属電極とを備え、それらの金属電極間に電位差をかけて湾曲又は変形を生じさせるアクチュエータ素子において、上記イオン交換樹脂成形品を陰イオン交換樹脂で形成し、そのイオン交換樹脂成形品に、 $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、又は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ を陰イオンとして含む水を含浸させたもの、また、上記イオン交換樹脂成形品を陰イオン交換樹脂で形成し、そのイオン交換樹脂成形品に、 $\text{ClO}_4^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを陰イオンとして含む有機溶媒を含浸させたものである。

【0007】具体的には、請求項3に示すように、上記有機溶媒が、メチルホルムアミドであることが好ましい。

【0008】以上に述べたように、イオン交換樹脂成形品に、 $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、又は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ を陰イオンとして含む水、又は $\text{ClO}_4^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを陰イオンとして含む有機溶媒を含浸させることで、変位量及び変位応力が大きく、耐応力性が良好なアクチュエータ素子を得ることができる。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適一実施の形態を添付図面に基いて説明する。

【0010】（第1の実施の形態）第1及び第2の実施の形態に係るアクチュエータ素子の変位状態を示す模式図を図1に、図1におけるアクチュエータ素子の他の適用例の概略図を図2に示す。ここで、図1（a）は電圧無印加状態を、図1（b）は電圧印加状態を示しており、また、図2において図1と同様の部材には同じ符号を付している。

【0011】図1（a）、図1（b）に示すように、本実施の形態に係るアクチュエータ素子10は、 $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、又は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ を陰イオン12として含む水13を含浸させた陰イオン交換膜（イオン交換樹脂成形品）11と、その陰イオン交換膜11の両面に相互に絶縁状態で設けた金属電極14a、14bとを備えたものである。各金属電極14a、14bはリード線15a、15bに接続されており、このリード線15a、15bがスイッチ16を介して電源17に接続されている。

【0012】(第2の実施の形態)前実施の形態に係るアクチュエータ素子10は、陰イオン交換膜11に $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、又は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ を陰イオン12として含む水13を含浸させたものであった。

【0013】これに対して、本実施の形態に係るアクチュエータ素子20は、基本的な構成はアクチュエータ素子10と略同じであり、陰イオン交換膜11に、 $\text{ClO}_4^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを陰イオン22として含む有機溶媒23を含浸させたものである。

【0014】ここで、上述した陰イオン12、22は、水分子よりも分子サイズが大きいものである。陰イオン12、22の分子サイズを水分子よりも大きくすることで、陰イオン12、22の移動量が小さくても大きな変位・変形が期待でき、また、内部構造が網目状を呈したイオン交換膜11の内部空隙が減少し、耐応力性が向上する。また、アクチュエータ素子10、20の省電力化を図るには、小さな駆動電圧で大きな電流を誘起する必要がある。よって、陰イオン12、22の分子サイズは、大きいことが望ましい。

【0015】有機溶媒23は、使用温度環境の制約が少ない方が好ましいことから、室温を含むできるだけ広い温度範囲で液体であることが望まれる。最低でも、従来の含水タイプのものと同等の温度環境で使用可能であること、つまり、低温側では0℃以上、高温側では水と同様に100℃程度まで液体であることが必要である。また、有機溶媒23は、自己プロトリスシスがない非プロトン性溶媒とする。自己プロトリスシスがあると、すなわちプロトン性溶媒であると、溶媒自体が解離してプロトンを放出するため、陰イオン交換膜11中におけるイオン濃度が変動し、動作不安定の要因となる。これらの特性を有する有機溶媒23は、アクチュエータ素子20に要求される性能に応じて、所望の粘性、沸点、及び融点を有するものが適宜選択され、例えば、メチルホルムアミドが挙げられる。

【0016】陰イオン交換膜11の構成材としては、特に限定するものではなく、慣用的に用いられている陰イオン交換樹脂であれば全て適用可能であり、例えば、ポリスチレン系樹脂などが挙げられる。

【0017】陰イオン交換膜11の製造方法は、特に限定するものではなく、特許第2961125号、特開平11-206162号公報、又は特開平9-32718号公報等に記載された従来からよく知られている陽イオン交換膜の製造方法と同様の方法が適用可能である。

【0018】陰イオン交換膜11の表面に形成する金属電極14a、14bの形成方法は、特に限定するものではなく、慣用的に用いられている製造方法が適用可能であり、例えば、無電解メッキ、電気メッキ、真空蒸着、スパッタリングなどが挙げられる。

【0019】金属電極14a、14bの構成材として

は、陰イオン交換膜11に含浸させる溶媒(水13又は有機溶媒23)に対する耐食性が良好な金属が好ましく、Au、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)などが挙げられ、特に、Au、Ptが好ましい。

【0020】本実施の形態に係るアクチュエータ素子10、20においては、イオン交換樹脂成形品として陰イオン交換膜11を用いた場合について説明を行ったが、これに限定するものではなく、板状、円柱状、又は円筒状の陰イオン交換樹脂成形品であってもよい。

【0021】また、本実施の形態に係るアクチュエータ素子10、20においては、図1(a)、図1(b)に示したように陰イオン交換膜11の上下端面を露出させた状態で説明を行ったが、この部分は任意のポリマー材料からなる被覆層(図示せず)で被覆される。これによって、水13又は有機溶媒23が陰イオン交換膜11から漏れなくなり、安定したアクチュエータ素子10、20の駆動動作が可能となる。

【0022】次に、本実施の形態の作用を、添付図面に基いて説明する。

【0023】アクチュエータ素子10、20の作動原理は、図1(a)に示す電圧無印加状態、すなわちスイッチ16がオフの時は、陰イオン交換膜11中に陰イオン12がランダムに分布している。

【0024】ところが、図1(b)に示すように、スイッチ16をオンにして、アクチュエータ素子10、20の電極14a、14b間に電圧を印加すると、陰イオン交換膜11中の陰イオン12が陽極(電極14a)側に移動する。その結果、陰イオン交換膜11の陽極14a側及び陰極14b側において、陰イオン12の含有率が差が生じる。具体的には、陰イオン12が移動した陽極14a側では、陰イオン12の含有率が増えることで膨潤(伸び)が生じ、逆に、陰極(電極14b)側では、陰イオン12の含有率が減少することで収縮が生じ、その結果、アクチュエータ素子10、20が電極14b側に湾曲する。

【0025】本実施の形態のアクチュエータ素子10、20は、イオン交換膜として、陽イオン交換膜ではなく陰イオン交換膜11を用いている。陽イオン交換膜を用いている場合においては、主たる変形の原動力は水分子であるが、陰イオン交換膜11を用いることで、陰イオン12、22そのものが変形の原動力となる。特に、水13を溶媒として含浸させる際は、陰イオン12として $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、又は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ を、また、有機溶媒23を溶媒として含浸させる際は、陰イオン22として $\text{ClO}_4^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを用いることで、アクチュエータ素子10、20が変位する際に発生する変位応力も大きくなる。よって、従来は変位応力が小さいことから適用できなかった部位に対しても、アクチュエ

ータ素子として適用することが可能となる。

【0026】また、これらの陰イオン12, 22は、分子サイズが水よりも大きいことから、イオン交換膜11内部における陰イオン12, 22の移動量が小さくても、アクチュエータ素子10, 20を大きく変位・変形させることができる。よって、イオン交換膜11内部において陰イオン12, 22を十分に移動させることで、アクチュエータ素子10, 20の変位量を、従来と比較して十分に大きくすることができる。よって、従来は変位量が小さいことから適用できなかった部位に対しても、アクチュエータ素子として適用することが可能となる。

【0027】さらに、これらの陰イオン12, 22は、分子サイズが水よりも大きいことから、内部構造が網目状を呈したイオン交換膜11の内部空隙が減少し、イオン交換膜11自体の耐応力性が向上する。その結果、アクチュエータ素子10, 20において湾曲又は変形状態を維持するのが容易となる。

【0028】また、これらの陰イオン12, 22は、分子サイズが水よりも大きいことから、従来の含水タイプのものと比較して、アクチュエータ素子10, 20の省電力化を図ることができる。

【0029】さらに、本実施の形態のアクチュエータ素子10, 20は、陰イオン12, 22自体が移動することによって変形量が決まることから、動作特性を決定する要因において水13などの溶媒が占める割合が減少し、従来と比較してアクチュエータ素子の設計の自由度が増す。よって、特にアクチュエータ素子10においては、水分の浸透量による動作量の変動が抑制され、乾燥に強いアクチュエータ素子となる。

【0030】また、本実施の形態のアクチュエータ素子10, 20は、陰イオン交換膜11に含浸させる溶媒として、 $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、又は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ を陰イオン12として含む水13、また、 $\text{ClO}_4^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを陰イオン22として含む有機溶媒23を用いる以外は、従来の含水タイプのものと同様の構成を全て適用することができる。また、従来の含水タイプのものと比較して、製造方法の差異は殆どなく、既存の製造設備を用いて製造することができる。よって、アクチュエータ素子10, 20の製造コストは、従来のものと殆ど変わることはなく、製造コストの上昇を抑えることができる。

【0031】ここで、図1(a)、図1(b)に示した本実施の形態に係るアクチュエータ素子10, 20は、陰イオン交換膜11単体からなるアクチュエータ素子であったため、電流の向きを切り換えない限り、アクチュエータ素子10, 20は、常に同じ方向に湾曲・屈曲する。そこで、例えば、図2に示すように、陰イオン交換膜11を用いたアクチュエータ素子10と陽イオン交換

膜31を用いたアクチュエータ素子30とを組み合わせると共に、各アクチュエータ素子10, 30の各金属電極14a, 14bに接続されたリード線15a, 15bを、切り換え可能なスイッチ36を介して電源17に接続することで、同じ電位差の印加に対して逆方向(図2中では上下方向)へ湾曲・屈曲させることが可能となる。

【0032】具体的には、スイッチ36を実線で示す状態に接続した場合、アクチュエータ素子10が駆動し、中立位置から二点鎖線で示す状態に湾曲する。逆に、スイッチ36を破線で示す状態に接続した場合、アクチュエータ素子30が駆動し、中立位置から破線で示す状態に湾曲する。つまり、スイッチ36を切り換えることで、アクチュエータ素子10又はアクチュエータ素子30が、それぞれ離間する方向に湾曲するため、プッシュ／プル動作が可能となり、アクチュエータ素子として多方面に亘って応用することが期待できる。

【0033】また、本実施の形態に係るアクチュエータ素子10, 20は、カテーテルチューブや各種医療器具など(特開平8-10336号公報、特許第2961125号等参照)に適用可能である他に、光スイッチなどのマイクロマシニングの様々な部分において、屈曲・湾曲型のアクチュエータ素子として適用可能である。

【0034】以上、本発明の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、他にも種々のものが想定されることは言うまでもない。

【0035】

【実施例】次に、本発明について、実施例に基づいて説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0036】(実施例)膜厚が $200\mu\text{m}$ である8枚のポリスチレン系イオン交換膜を、それぞれ $\text{HSiO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_2^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、 $\text{ClO}_4^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを陰イオンとして含む酸性水溶液中で保持し、十分な置換処理を行う。その後、 $\text{ClO}_4^-$ 、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを陰イオンとして含む酸性水溶液中で保持した4枚のイオン交換膜については、含浸溶媒をメチルホルムアミドに置換するため、各イオン交換膜から水分を除去した後、それぞれをメチルホルムアミド中に24時間浸漬し、メチルホルムアミドが含浸されたイオン交換膜を作製した。

【0037】次に、無電解メッキにより、各イオン交換膜の両面に相互に絶縁状態の膜厚約 $2\mu\text{m}$ のPt電極を形成し、その後、幅4mm、長さ20mmの短冊状に切り出し、試料1~8を作製した。

【0038】尚、浸漬の際、適宜超音波洗浄機を用い、含浸の促進を行った。

【0039】(従来例)膜厚が $200\mu\text{m}$ である4枚のポリスチレン系イオン交換膜を、それぞれ $\text{OH}^-$ 、 $\text{C}$

$I^-$ 、 $CH_3SO_3^-$ 、又は $Br^-$ を陰イオンとして含む酸性水溶液中で保持し、十分な置換処理を行う。その後、 $Br^-$ を陰イオンとして含む酸性水溶液中で保持した1枚のイオン交換膜については、含浸溶媒をメチルホルムアミドに置換するため、各イオン交換膜から水分を除去した後、それぞれをメチルホルムアミド中に24時間浸漬し、メチルホルムアミドが含浸されたイオン交換膜を作製した。

【0040】その後は、実施例と同様にして試料9～12を作製した。

【0041】＜試験1＞得られた試料1～12を用いて、図1に示した構造のアクチュエータ素子を作製し、変位量及び変位応力の応力値を測定した。その測定結果を表1に示す。

【0042】ここで、変位量 (mm) の測定は、各アクチュエータ素子の一端部 (例えば、図1中では上端部) をクランプで固定すると共に、他端部 (例えば、図1中では下端部) をフリーにし、この状態のまま各アクチュエータ素子をイオン交換膜に含浸させた溶媒と同じ溶媒 (水又はメチルホルムアミド) で満たされた透明容器内に配置する。各アクチュエータ素子の電極間に、2～5秒間、約1.5Vの電圧の印加を行うことで、他端部の移動距離を水平位置から目視観察して、透明容器に予め転写しておいた目盛りを読み、この値を変位量とした。

【0043】また、溶媒中での変位量の測定後、各溶媒中からアクチュエータ素子を取り出すと共に、速やかに空気中における変位量の測定を行った結果、溶媒中と同等の値が得られた。よって、変位応力値 (mg) の測定は、空気中で行った。具体的には、各アクチュエータ素子の一端部を固定すると共に、他端部を電子天秤に当接させ、各アクチュエータ素子の電極間に、2～5秒間、約1.5Vの電圧の印加を行うことで、他端部で電子天秤を押圧し、その時の電子天秤の測定値の平均 (10回以上の平均) を変位応力値とした。

【0044】

【表1】

	含浸陰イオン	含浸溶媒	変位量 (mm)	応力値 (mg)
実施例	$HSiO_3^-$	水	4.3	105
	$HCO_3^-$	水	3.2	134
	$HCO_2^-$	水	3.8	110
	$CH_3COO^-$	水	3.5	115
	$ClO_4^-$	メチルホルムアミド	3.5	105
	$CH_3COO^-$	メチルホルムアミド	3.0	108
	クエン酸イオン	メチルホルムアミド	5.2	135
従来例	ピクリン酸イオン	メチルホルムアミド	5.5	143
	$OH^-$	水	0	<5
	$Cl^-$	水	0.8	25
	$CH_3SO_3^-$	水	1.5	87
	$Br^-$	メチルホルムアミド	0.6	15

【0045】表1に示すように、従来例である試料9～12を用いたアクチュエータ素子は、変位量がそれぞれ0.0、0.8、1.5、0.5 (mm)、変形応力値がそれぞれ5未満、25、87、15 (mg) であった。

【0046】これに対して、実施例である試料1～8を用いたアクチュエータ素子 (本発明のアクチュエータ素子) は、変位量が3.0～5.5 mmであり、従来と比較して約2.0～3.7倍の十分に大きな変位量であった。また、変形応力値は105～143 mgであり、従来と比較して約1.2～1.6倍の大きな応力値であった。特に、クエン酸イオン又はピクリン酸イオンを陰イオンとして含むメチルホルムアミドを含浸させた試料7又は試料8を用いたアクチュエータ素子において、変位量及び変形応力値の向上効果が大きいことが確認できた。

【0047】

【発明の効果】以上要するに本発明によれば、イオン交換樹脂成形品に、 $HSiO_3^-$ 、 $HCO_3^-$ 、 $HCO_2^-$ 、又は $CH_3COO^-$ を陰イオンとして含む水、又は $ClO_4^-$ 、 $CH_3COO^-$ 、クエン酸イオン、又はピクリン酸イオンを陰イオンとして含む有機溶媒を含浸させることで、変位量及び変位応力が大きく、耐応力性が良好なアクチュエータ素子を得ることができるという優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1及び第2の実施の形態に係るアクチュエータ素子の変位状態を示す模式図である。

【図2】図1におけるアクチュエータ素子の他の適用例の概略図である。

【符号の説明】

10, 20 アクチュエータ素子

11 陰イオン交換膜 (イオン交換樹脂成形品)

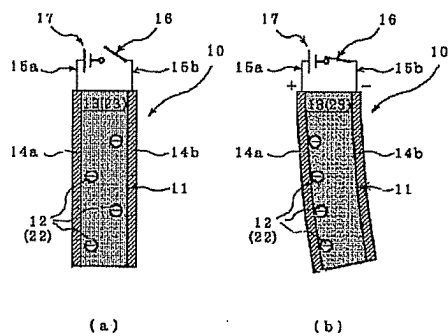
12, 22 陰イオン

13 水

14a, 14b 金属電極

23 有機溶媒

【図1】



【図2】

